

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-013812

(43)Date of publication of application : 22.01.1993

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 03-164622

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 04.07.1991

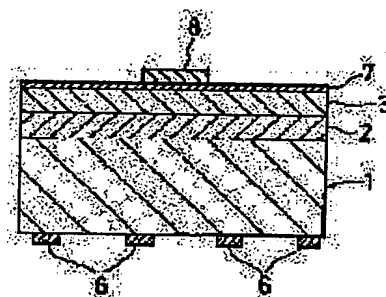
(72)Inventor : FUJII YOSHIHISA  
SAITO HAJIME  
SUZUKI AKIRA

## (54) LIGHT EMITTING DIODE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To enable the light emitting diode to meet requirements for the high yield in a mounting step at low cost as well as the high external light emitting efficiency.

CONSTITUTION: An n type silicon carbide layer 2 and a p type silicon carbide layer 3 are formed on an n type silicon carbide substrate 1 in this order, furthermore, an ohmic electrode formed onto the p type silicon carbide layer 3 is composed of a phototransmissive metallic film 7. Accordingly, the n type silicon carbide substrate 1 side can be mounted since the light can be emitted from the p type silicon carbide layer side. Furthermore, the conventionally required thick wall low resistant p type silicon carbide layer 3 can be eliminated due to the phototransmissive metallic film 7 formed on the p type silicon carbide layer 3.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.10.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 15.11.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2001-22529

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 17.12.2001

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-13812

(43) 公開日 平成5年(1993)1月22日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

A 8934-4M

E 8934-4M

審査請求 未請求 請求項の数4(全5頁)

(21) 出願番号 特願平3-164622

(22) 出願日 平成3年(1991)7月4日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 藤井 良久

大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

(72) 発明者 斉藤 肇

大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

(72) 発明者 鈴木 彰

大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

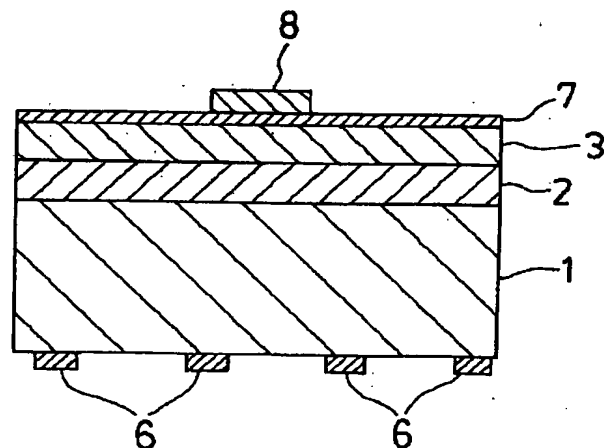
(74) 代理人 弁理士 山本 秀策

(54) 【発明の名称】 発光ダイオード

(57) 【要約】

【目的】 マウント時の歩留りがよく、コストの低廉化が図れ、しかも外部発光効率を向上できるようにする。

【構成】 n型炭化珪素基板1の上にn型炭化珪素層2及びp型炭化珪素層3がこの順に形成され、該炭化珪素基板1側から該p型炭化珪素層3へ向かって発光し、かつ、p型炭化珪素層3に対して形成したオーム性電極が光透過性のある金属膜7からなっている。よって、p型炭化珪素層3側から光が外部へ出るため、n型炭化珪素基板1側をマウントさせることができる。また、p型炭化珪素層3の上が光透過性を有する金属膜7からなっているので、従来必要であった厚肉の低抵抗p型炭化珪素層を不要にできる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型炭化珪素基板の上にn型炭化珪素層及びp型炭化珪素層がこの順に形成され、該炭化珪素基板側から該p型炭化珪素層へ向かって発光し、かつ、p型炭化珪素層に対して形成したオーム性電極が光透過性のある金属膜からなる発光ダイオード。

【請求項2】 前記金属膜がチタン膜とアルミニウム膜との積層膜である請求項1記載の発光ダイオード。

【請求項3】 前記チタン膜の膜厚が3nm以上で200nm以下、アルミニウム膜の膜厚が10nm以上で200nm以下である請求項2記載の発光ダイオード。

【請求項4】 前記金属膜の上に、該金属膜より面積の小さい第2の金属膜が形成された請求項1、請求項2又は請求項3のいずれか1つに記載の発光ダイオード。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、炭化珪素を用いたpn接合型の発光ダイオードに関する。

【0002】

【従来の技術】 上記発光ダイオードとしては、従来、赤から緑色の長波長可視光タイプのもものが広く実用化されているが、緑から紫色の短波長可視光タイプのもものは輝度が低く、また発光の単色性が悪いため、広く実用化されるまでには至っていない。

【0003】 発光ダイオードの素子構造としては、電子や正孔キャリアを発光領域へ高効率に注入できるpn接合型の発光ダイオードが最も適しており、pn接合型の短波長可視発光ダイオード用の半導体材料には炭化珪素が最も適している。炭化珪素を用いたpn接合型発光ダイオードの研究開発は盛んに行われており、輝度の高い発光ダイオードを得るために、ドナー・アクセプタ対発光による発光過程が利用され、pn接合を構成するn型層に窒素ドナーおよびアルミニウムアクセプタが添加されて発光ダイオードとして作製される。

【0004】 また、最近においては、本発明者らは、ドナー・アクセプタ対発光以外の発光機構を用いた紫色から純青色のpn接合型の発光ダイオードを提案している（特願平2-184463号、特願平2-184464号、特願平2-296529号、特願平2-406598号等）。

【0005】 上述したいずれの発光機構を用いる発光ダイオードにおいても、その基本構造部は図3の様なものが用いられている。即ち、製造の容易な光透過性の優れたn型炭化珪素基板41上にn型炭化珪素層42、p型炭化珪素層43をこの順に成長させたものを用いている。そして、この基本構成部を用いて図4あるいは図5に示す構造の発光ダイオードが作製される。

【0006】 図4の発光ダイオードでは、チップサイズとはほぼ同じ面積をもつp型炭化珪素層43に対して広面積のオーム性電極44を設けると共に、n型炭化珪素基

板41に対して狭面積のオーム性電極46を設け、n型炭化珪素基板41を上部として両電極44、46の間に順方向電流を流すことにより、発光層として機能するp型炭化珪素層43から発した光をn型炭化珪素層42及びn型炭化珪素基板41を通して取り出すように構成されている。

【0007】 一方、図5の発光ダイオードでは、p型炭化珪素層43上の全面に低抵抗のp型炭化珪素層45を、更にその上にチップサイズよりは小さなオーム性電極44を設け、反対側のn型炭化珪素基板41に対してオーム性電極46を設けている。上記オーム性電極46は基板41の2端縁部と内側2箇所の計4箇所に狭幅に形成され、両電極46、44の間に順方向の電流を通電すると、低抵抗p型炭化珪素層45の存在により、電流が矢印で示すように全チップ域に広がり、p型炭化珪素層43及び低抵抗p型炭化珪素層45を通して、上部から光を取り出す構成となっている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、図4の構造の場合は、基板41上に成長させたn型炭化珪素層42及びp型炭化珪素層43を下側にマウントする構造であるので、マウント面に近いpn接合面を必ずパッシベーションする必要があるが、チップをマウントする際に接合面での漏れ電流が生じやすい欠陥状態となりやすく、歩留りが低下するという問題がある。

【0009】 一方、図5の構造の場合は、基板41を下側にマウントする構造であるため、チップのマウント時の歩留りの問題はなく、他色の発光ダイオードにおいても一般的に用いられている。しかし、低抵抗p型炭化珪素層45で電流を広らせる必要があるため、この層45の厚みとしては通常10〜30μm程度と、かなり厚くする必要があつて、この層45の成長に要する工程時間が非常に長くなり、コスト高が招来される。また、低抵抗のp型炭化珪素層45を得るためには不純物としてのアルミニウムを多く含ませる必要があるため、厚いこの層45での光透過率が低下し、光取り出し効率（外部発光効率）が低下するという問題がある。

【0010】 本発明はこのような課題を解決すべくなされたものであり、マウント時の歩留りがよく、コストの低廉価が図れ、しかも外部発光効率を向上できる発光ダイオードを提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】 本発明の発光ダイオードは、n型炭化珪素基板の上にn型炭化珪素層及びp型炭化珪素層がこの順に形成され、該炭化珪素基板側から該p型炭化珪素層へ向かって発光し、かつ、p型炭化珪素層に対して形成したオーム性電極が光透過性のある金属膜からなっており、これにより上記目的を達成することができる。

【0012】

【作用】本発明にあっては、炭化珪素基板側から該p型炭化珪素層へ向かって発光するように構成している。よって、基板側をマウントさせることができる。

【0013】また、p型炭化珪素層の上に形成したオーム性電極が光透過性を有する金属膜からなっているの、このオーム性電極の面積を広くすることにより、チップ内を通る電流をチップ全域へ広げることができ、また、これにより従来必要であった厚肉の低抵抗p型炭化珪素層を不要にできる。

【0014】

【実施例】以下に本発明の実施例を説明する。

【0015】図1は本実施例の発光ダイオードの構造を示す断面図である。この発光ダイオードは、pn接合型の青色発光タイプであり、禁制帯幅が約3.01Vである6H型の単結晶からなるn型炭化珪素基板1上に、単結晶のn型炭化珪素層2および単結晶のp型炭化珪素層3がこの順に形成されている。上記n型炭化珪素基板1の表面(図の下面)には、例えばN1からなる狭幅のn側オーム性電極6が4条平行に設けられている。オーム性電極6の形成箇所は、基板1の下面の対向する2端縁部と、その内側の2箇所である。

【0016】一方、p型炭化珪素層3の上面には、下側をチタン膜、上側をアルミニウム膜として積層された金属膜7がほぼ全面に形成され、この金属膜7の上の中央部にはアルミニウム電極8が設けられている。

【0017】次に、この発光ダイオードの作製に用いた気相成長装置を図2に基づいて説明する。

【0018】二重構造の石英製反応管21の内部に、試料台22が支持棒23により設置されている。試料台22および支持棒23は、いずれも黒鉛製である。試料台22は水平に設置してもよく、適当に傾斜させてもよい。反応管21の外周囲にはワークコイル24が巻回され、高周波電流を流すことにより、試料台22上の基板試料25(前記基板1に相当)を所定の温度に加熱することができる。反応管21の片側には、原料ガス、キャリアガス、および不純物ガスの導入口となる枝管26が設けられている。二重構造を有する反応管21の外管内に枝管27、28を通じて冷却水を流すことにより、反応管21を冷却することができる。反応管21の他端は、ステンレス製のフランジ29で閉塞され、フランジ29の周縁部に配設された止め板30、ボルト31、ナット32、およびO-リング33によりシールされている。フランジ29の中央付近には枝管34が設けられており、上記のガスは、この枝管34を通じて排出される。

【0019】かかる構造の気相成長装置を用いた図1の発光ダイオードの作製内容について説明する。

【0020】まず、図2に示すように試料台22上に、縦横寸法が約1cm×1cmである6H型の単結晶をしたn型炭化珪素基板1を基板試料25として設置した。

基板1の成長面としては、その面方位が[0001]方向から数1の方向へ約5度傾斜した面を用いた。

【0021】

【数1】

(11 $\bar{2}$ 0)

【0022】次いで、水素ガスをキャリアガスとして、毎分10リットルの割合で枝管26から反応管21の内部へ流しながら、ワークコイル24に高周波電流を通電し、n型炭化珪素基板1を1400~1500℃に加熱した。その状態を保持して、キャリアガスに原料ガスおよび不純物ガスを加えることにより、n型炭化珪素基板1上に、厚さ2μmのn型炭化珪素層2と、厚さ2μmのp型炭化珪素層3を順次成長させて、pn接合部を形成した。

【0023】この形成時においては、本実施例では上記原料ガスとして、モノシラン(SiH<sub>4</sub>)ガスおよびプロパン(C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)ガスを用いた。原料ガスの流出は、いずれも毎分約1ccとした。また、不純物ガスとしては、p型炭化珪素層3にはトリメチルアルミニウム((CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Al)ガスを、n型炭化珪素層2には窒素(N<sub>2</sub>)ガスを用いた。本条件での結晶成長速度は毎時1~2μmであった。更に、n型炭化珪素層2を成長させる際には、窒素ガスを毎分0.01~1ccの割合で添加した。n型炭化珪素層2のキャリア濃度は、本実施例では窒素ガス流量を制御して1×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>とした。一方、p型炭化珪素層3を成長させる際には、トリメチルアルミニウムガスを毎分約0.2ccの割合で添加した。この不純物添加により、p型炭化珪素層3の正孔濃度は2×10<sup>17</sup>cm<sup>-3</sup>となった。

【0024】次いで、pn接合部の形成された基板1を反応管21から取り出し、p型炭化珪素層3上に、例えば真空蒸着法によりチタン(Ti)膜を30nm、アルミニウム(Al)膜を50nm堆積して金属膜7を形成した。この金属膜7はp側オーム性電極であり、p型炭化珪素層3との良好なオーム性を得るために、形成後に1000℃のアルゴン雰囲気中で5分の熱処理を行った。

【0025】次いで、n型炭化珪素基板1の表面に、例えばN1からなるn側オーム性電極6を形成し、続いて金属膜7の上に直径が130μmφのアルミニウム電極8を形成した。その後、ダイシングにより300μm角のチップに切断して、図1に示すpn接合型の発光ダイオードを得た。

【0026】したがって、このような構成の発光ダイオードにおいては次のような効果がある。上記アルミニウム電極8とオーム性電極6との間に順方向の電流を通電すると、炭化珪素基板1側からp型炭化珪素層3側へ向かって発光する。このため、基板1側をマウントさせることができ、マウントの際に問題となる漏れ電流の発生

5

を防止して歩留りの向上を図れる。なお、この実施例では金属膜7の上に、それよりも面積の小さいアルミニウム電極8を形成したが、このアルミニウム電極8は必ずしも必要ではなく、形成を省略してもよい。但し、形成した場合には、金属膜7における電流の流れを、アルミニウム電極8を中心とした放射状とすることができ、チップ全体へより広げることが可能となる利点がある。

【0027】また、p型炭化珪素層3の上に形成したオーム性電極が光透過性を有する金属膜7からなっているので、このオーム性電極の形成面積を広くすることにより、チップ内を通る電流をチップ全域へ広げることができる。このとき、図5の場合に用いた低抵抗p型炭化珪素層45の半導体材料では抵抗率は $10^{-1} \sim 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 台であり、この層45の厚みを最小限必要な $30 \mu\text{m}$ としてもシート抵抗はせいぜい $3 \Omega / \square$ 程度の値にしか下らない。これに対して、チタンやアルミニウムなどの金属材料の抵抗率は $10^{-6} \Omega \text{ cm}$ 台程度であり、厚みを薄くしても半導体材料と同程度のシート抵抗を得ることができる。特に、チタン膜とアルミニウム膜とを積層した金属膜7の場合には、半導体材料の $1/3000$ の厚みの $10 \text{ nm}$ もあれば充分である。

【0028】なお、金属膜7の各膜の厚みとしては、チタン膜については $3 \text{ nm}$ 以上 $200 \text{ nm}$ 以下とし、アルミニウム膜については $10 \text{ nm}$ 以上 $200 \text{ nm}$ 以下とする。その理由は、下限を下回るとシート抵抗の確保が困難となり、上限を上回ると光の透過性が悪化するためである。従って、このような薄い金属膜7を用いることにより電流のチップ全域への広がりを確保でき、また金属膜7を通しての光取り出しも可能となつて、従来必要であった厚肉の低抵抗p型炭化珪素層を不要にできる。

【0029】更に、このp型炭化珪素層が不要となるので、外部発光効率を向上させることができ、しかもその層の形成に要する時間だけ工程時間の短縮を図れ、コストを低廉にできる。このことを、以下のようにして図5と同様な構成に作製した比較例と対比して具体的に説明する。

【0030】比較例の発光ダイオードを次のようにして作製した。図5に示すように単結晶のp型炭化珪素層43までが基板41上に形成されたものをCVD装置にセットし、トリメチルアルミニウムガスを毎分約 $0.8 \text{ c}$ の割合で添加することにより、p型炭化珪素層43の上に正孔濃度が約 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の単結晶をした低抵抗p型炭化珪素層45を、 $10 \mu\text{m}$ の厚さに成長させた。このとき、結晶成長速度が約 $1 \sim 2 \mu\text{m} / \text{時}$ であり、 $5 \sim 10$ 時間の成長時間を要した。更に、低抵抗p型炭化珪素層45の上に、 $130 \mu\text{m} \phi$ のチタン膜とアルミニウム膜とを積層したオーム性電極44を形成し、反対側のn型炭化珪素基板41の裏面にN1からなるオーム性電極46を形成した。

6

【0031】このようにして得られた比較例と、本実施例による発光ダイオードとにそれぞれ約 $3.2 \text{ V}$ の動作電圧を印加したところ、 $20 \text{ mA}$ の動作電流が流れ、 $455 \text{ nm}$ にピーク波長を持つ、純青色の発光が得られた。このとき、本実施例の発光ダイオードの外部発光効率は $0.8\%$ であり、比較例の外部発光効率である $0.7\%$ と比べて外部発光効率を若干向上させることができた。また、本実施例によれば、比較例の発光ダイオードの作製に必要な $5 \sim 10$ 時間の結晶成長工程を省くことができるので、製造のためのコストを大幅に削減することができる。なお、オーム性電極は真空蒸着あるいはスパッタ等の工程で短時間で形成できる。

【0032】尚、上記実施例においては純青色発光ダイオードの例を示したが、本発明はこれに限らず、ドナー・アクセプタ対発光を利用した発光ダイオード、あるいは自由励起子発光を利用した紫色発光ダイオード等にも適用できる。

【0033】また、上記実施例においては基板に6H型炭化珪素を用いた発光ダイオードに適用しているが、本発明はこれに限らず、4H型、15R型、21R型、3C型等の結晶多形の炭化珪素を用いた紫外から緑色に至る各種の発光ダイオードにも適用できる。

【0034】

【発明の効果】本発明によれば、歩留りの向上、製造工程の削減及びコストの低廉化を図れ、また外部発光効率を向上できるので量産化が可能になると共に、光にて表した情報の読取りの際の高速化および高密度化を可能にでき、よって各種表示装置などへの応用分野の飛躍的な拡大を図り得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例の発光ダイオードを示す断面図である。

【図2】本実施例の発光ダイオードの作製に使用した気相成長装置の一例を示す断面図である。

【図3】発光ダイオードの基本構造部を示す断面図である。

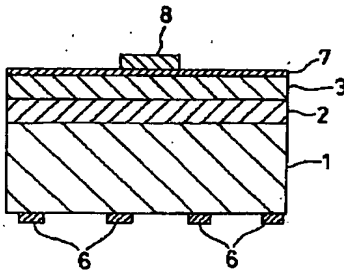
【図4】従来のpn接合型発光ダイオードを示す断面図である。

【図5】従来の他のpn接合型発光ダイオードを示す断面図である。

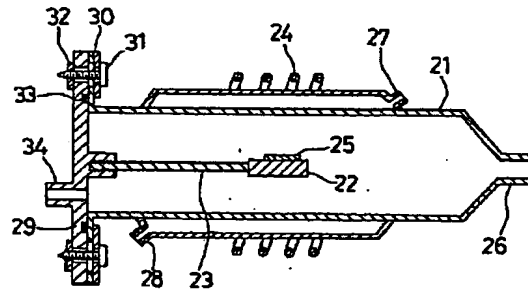
【符号の説明】

- 1 n型炭化珪素基板
- 2 n型炭化珪素層
- 3 p型炭化珪素層
- 4 p側オーム性電極
- 6 n側オーム性電極
- 7 金属膜
- 8 アルミニウム電極

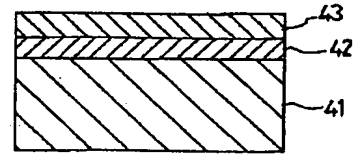
【図1】



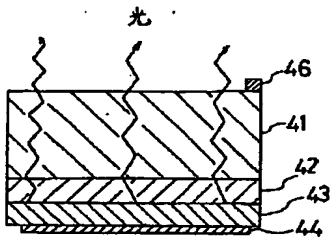
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

